

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-103334

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)4月20

H 04 B 9/00

S-8523-5K  
M-8523-5K

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光受信装置

⑮ 特 願 昭62-261433

⑯ 出 願 昭62(1967)10月16日

⑰ 発 明 者	長 井	賢	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑱ 発 明 者	国 次	通 正	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑲ 出 願 人	日本電気株式会社		東京都港区芝5丁目33番1号	
⑳ 代 理 人	弁理士 井出	直孝		

## 明 細 書

1. 発明の名称  
光受信装置

2. 特許請求の範囲

- (1) アバランシェフォトダイオード  
を備えた光受信装置において、  
上記アバランシェフォトダイオードの出力する  
電気信号から信号成分を抽出する第一フィルタと、  
上記アバランシェフォトダイオードの出力する  
電気信号から雑音成分を抽出する第二フィルタと、  
上記第一フィルタで抽出された信号成分と上記  
第二フィルタで抽出された雑音成分とに基づき信

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、アバランシェフォトダイオード（以下、APDという。）を受光素子とする光受信装置に関する。

〔要 要〕

本発明は、アバランシェフォトダイオードを逐  
由して光信号を受信する装置において、

信号対雑音比の演算結果に基づいてダイオード  
を制御することにより、

受光電力および温度に変化があっても信号対雑  
音比を最大にすることができるようにしたもので  
ある。

〔従来の技術〕

特開平1-103334 (

受光電力に応じてAPDの増倍率を制御する必要がある。

従来、この種の光受信装置では、APDの増倍率がAPDに印加されるバイアス電圧によって変化することを利用して、第5図に示すように出力信号の検波出力と基準電圧との差動出力に応じた電圧をAPD1のバイアス電圧として印加し、受光電力が変化した場合でも出力信号レベルが一定となるようにAPD増倍率を制御して信号対雑音比の劣化を抑えている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし、信号対雑音比を最大にするAPDの最適増倍率 $M_{opt}$ は、受光電力 $P_r$ に対して

$$M_{opt} = M \cdot P_r^{\frac{1}{2+x}}$$

ここで、 $M$ ：APDおよび前段増倍器定数によって決まる定数

$x$ ：過剰増倍雑音指数

で与えられるように受信電力に対して非線形であること、また、APD増倍率 $M$ のバイアス電圧依存性が、

$$M = \frac{1}{\left\{1 - \left(\frac{V}{V_s}\right)^n\right\}}$$

ここで、 $V$ ：バイアス電圧

$V_s$ ：APDの降伏電圧

$n$ ：APDによって決まる定数

で示されるようにバイアス電圧に対しても非線形であること、加えてAPDの降伏電圧 $V_s$ が大きな温度依存性を有するので、増倍率 $M$ 自体も大きな温度依存性を示すなど問題がある。こうした問題によりこのような従来の方式では、受光電力温度が変化した場合に信号対雑音比が常に最大なるようにAPD増倍率を最適に制御すること困難であり、また、最適制御の補正を行うには際に受光電力や温度を変化させて調整する必要があった。

本発明はこのような欠点を除去するもので、光電力および温度の変化にかかわらず信号対雑音比を最大に保てる光受信装置を提供すること目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は、アバランシェフォトダイオードの出力する電気信号から信号成分を抽出する第一フィルタと、上記アバランシェフォトダイオードの出力する電気信号から雑音成分を抽出する第二フィルタと、上記第一フィルタで抽出された信号成分と上記第二フィルタで抽出された雑音成分とに基づき信号対雑音比を演算する演算手段と、この演算手段で演算された信号対雑音比がほぼ最大値になる電圧を上記アバランシェフォトダイオードのバイアス端子に与える制御手段とを備えたことを特徴とする。

〔作用〕

アバランシェフォトダイオードの出力信号から

る。第1図および第2図は第一実施例および第二実施例の構成を示すブロック構成図である。

この実施例は、第1図に示すように、アバランシェフォトダイオード1と、アバランシェフォトダイオード1の出力する電気信号から信号成分抽出するフィルタ2と、アバランシェフォトダイオード1の出力する電気信号から雑音成分を抽出するフィルタ3と、フィルタ2で抽出された信号成分とフィルタ3で抽出された雑音成分とに基づき信号対雑音比を演算する演算手段である除算器4と、この演算手段で演算された信号対雑音比がほぼ最大値になる電圧をアバランシェフォトダイオード1のバイアス端子に与える制御手段であるマイクロプロセッサ5とを備える。

## 特開平1-103334 (3)

に人力される。除算器8では、入力された信号および雑音電圧に基づき信号(S)対雑音(N)比( $S/N$ )が演算され、その出力信号はAD変換器7でアナログ信号からデジタル信号に変換された後にマイクロプロセッサ8へ入力される。DA変換器9はマイクロプロセッサ8からのデータに対応するアナログ電圧を発生させ、その電圧はDC・DC変換器10で電圧変換された後にAPD1のバイアス電圧として印加される。マイクロプロセッサ8はAPD1のバイアス電圧を変化させる前の信号対雑音比の演算値を記憶するとともに、DA変換器9へ出力するデータを変えてバイアス電圧を変化させ、APD1の増倍率を変える。増倍率に対して信号対雑音比は第3図に示すように変化するのを、バイアス電圧変換前後の信号対雑音比のデータを比較し、信号対雑音比が最大となるようにバイアス電圧を制御する。

ここで、動作点を第3図に示すA点とした場合に、動作点A点の信号対雑音比( $S/N$ )<sub>A</sub>をマイクロプロセッサ8に記憶し、ひきつづき、DA変

換器9を通してAPD1のバイアス電圧をあらかじめプログラムされた設定値だけ増加し、APD1の増倍率を $\Delta M$ だけ増加すると動作点はB点に移動する。そのときの信号対雑音比は( $S/N$ )<sub>B</sub>になる。そこで、動作点A点およびB点での信号対雑音比( $S/N$ )<sub>A</sub>および( $S/N$ )<sub>B</sub>を比較し、( $S/N$ )<sub>A</sub> < ( $S/N$ )<sub>B</sub>ならばさらにAPD1の増倍率Mを $\Delta M$ だけ増加し、また、( $S/N$ )<sub>A</sub> > ( $S/N$ )<sub>B</sub>ならば減少させる動作を処理プログラムにより連続して実行し、最終的な動作点として最大の信号対雑音比( $S/N$ )<sub>2</sub>が得られる動作点2に制御する。

第2図は本発明の第二実施例の構成を示すブロック構成図であり、検波器5の出力する信号電圧および雑音電圧はアナログマルチプレクサ11により時分割でAD変換された後にマイクロプロセッサ8へ入力され、信号対雑音比の演算はマイクロプロセッサ8でデジタル的に行われる。

〔発明の効果〕

本発明は、以上説明したように、APDの出力

信号から信号成分および雑音成分をフィルタでそれぞれ別々に抽出し、その抽出信号に基づき信号対雑音比を演算し、その値が最大となるようにAPDのバイアス電圧を制御するので、受光電力および温度変化に対しても信号対雑音比を最大にすることができる効果がある。

11…アナログマルチプレクサ、12…基準電圧、13…差動増幅器。

特許出願人 日本電気株式会社  
代理人 弁理士 井出直孝

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一実施例の構成を示すブロック構成図。

第2図は本発明の第二実施例の構成を示すブロック構成図。

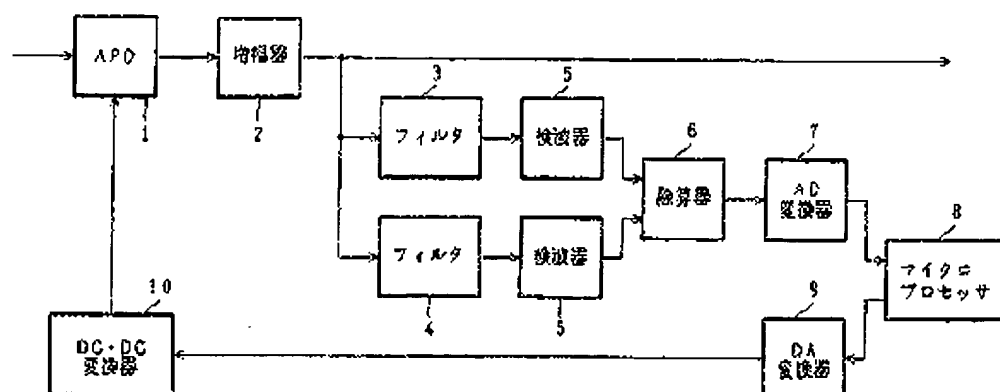
第3図はアバランシェフォトダイオード増倍率と信号対雑音比との関係図。

第4図は受光電力に対する最適増倍率の関係図。

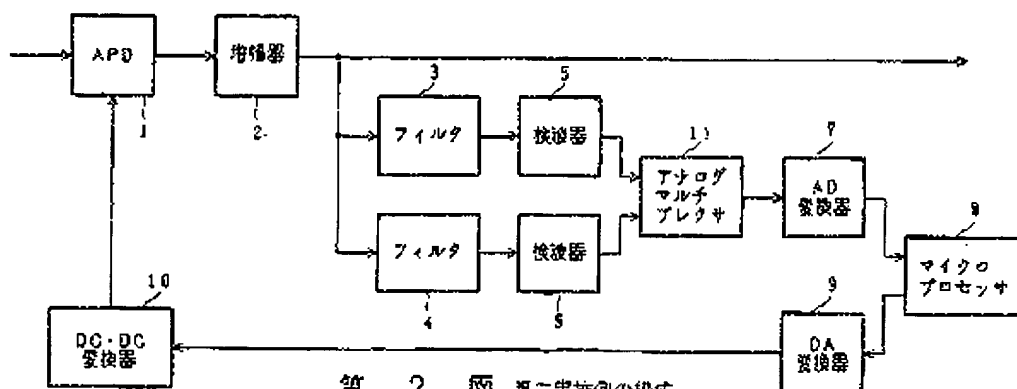
第5図は従来例の構成を示すブロック構成図。

1…アバランシェフォトダイオード(APD)、  
2…増幅器、3、4…フィルタ、5…検波器、6

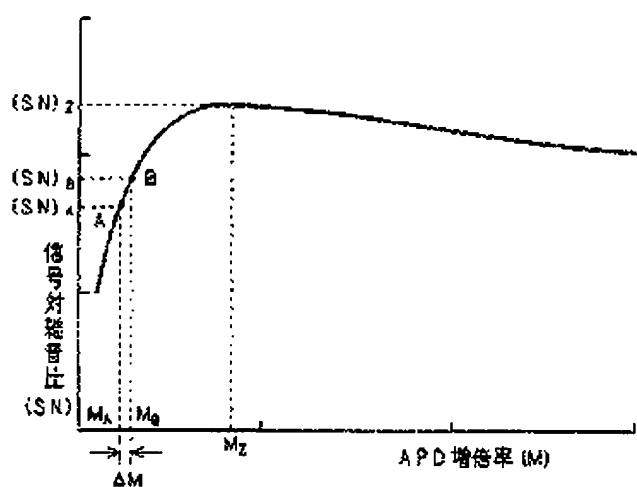
持開平1-103334 (4)



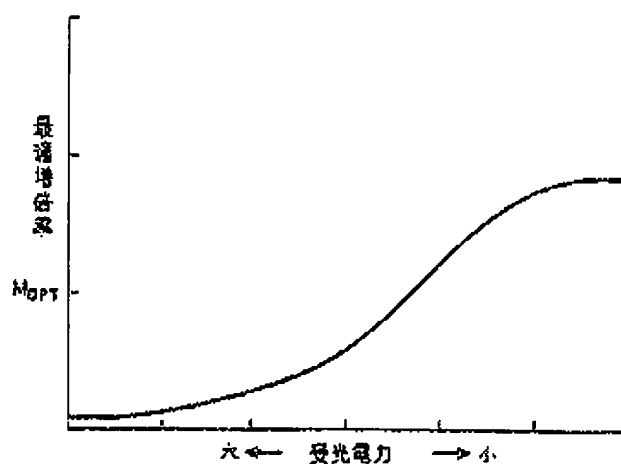
## 第 1 図 第一実施例の構成



## 第 2 図 第二実施例の構成

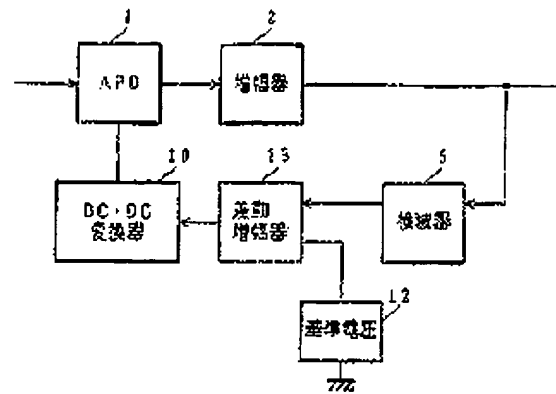


### APD増倍率と信号対雑音比



### 受光電力と最適増倍率

特開平1-103334 (5)



従来例の構成

第 5 図

## Laid-Open Patent Gazette (A)

Japanese Laid-Open Patent Publication Hei 1-103334

Laid-Open Date: April 20, 1989

Title of the invention:

Optical Receiver

Japanese Patent Application Sho 62-261433

Filing Date: October 16, 1987

Applicant: Nippon Electric Co., Ltd.

### Specification

#### 1. Title of the invention

Optical Receiver

#### 2. Claim

(1) An optical receiver comprising an avalanche photodiode, characterized by a first filter for extracting a signal component from an electrical signal outputted from said avalanche photodiode, a second filter for extracting a noise component from the electrical signal outputted from said avalanche photodiode, an arithmetic means for computing a signal-noise ratio based on the signal component extracted by the first filter and the noise component extracted by the second filter, and a control means for giving, to the bias terminal of said avalanche photodiode, a voltage by which the signal-noise ratio computed by said arithmetic means is substantially maximized.

#### 3. Detailed Description of the Invention

[Field of Industrial Application]

The present invention relates to an optical receiver which uses an avalanche photodiode (which will be sometimes referred to APD) as a light receiving element.

#### [Summary]

The present invention provides a device for receiving an optical signal via an APD, which device can maximize a signal-noise ratio by controlling the diode based on the computed result of the signal-noise ratio, even if there is any change in light receiving power and temperature.

#### [Prior Art]

In the optical receiver which uses an APD as a light receiving element, the signal-noise ratio thereof varies depending on the multiplication factor thereof, as shown in FIG. 3. There is the optimum multiplication factor which maximizes the signal-noise ratio. On the other hand, the multiplication factor maximizing the signal-noise ratio varies depending on the light receiving power, as shown in FIG. 4.

It is therefore required to maximize the signal-noise ratio by controlling the multiplication factor of the APD depending on the light receiving power. Such a type of optical receiver according to the prior art utilizes the fact that the multiplication factor of the APD is changed depending on a bias voltage applied to the APD and controls the multiplication factor of the APD to suppress the degradation of signal-noise ratio so that the level of the output signal can be maintained constant, even if the light receiving power varies, by applying a voltage corresponding to a differential output between the detection output of an output signal and a reference voltage to the APD1 as a bias voltage, as shown in FIG. 5.

#### [Problems to be solved by the Invention]

The optimum multiplication factor  $M_{opt}$  of the APD maximizing the signal-noise ratio relative to the light receiving power  $P_r$  is represented by the following formula:

$$M_{opt} = M_o P_r^{-\frac{1}{2+x}}$$

where  $M_0$  is a constant determined by constants in the APD and pre-multiplier; and  $x$  is a surplus multiplication noise exponent.

However, the optimum multiplication factor  $M_{opt}$  is non-linear relative to the light receiving power as can be seen from the above formula. The bias voltage dependence of the multiplication factor  $M$  in the APD is also non-linear relative to the bias voltage as shown by the following formula:

$$M = \frac{1}{\left\{1 - \left(\frac{V}{V_B}\right)^n\right\}}$$

where  $V$  is a bias voltage;  $V_B$  is a breakdown voltage in the APD; and  $n$  is a constant determined by the APD. In addition, the multiplication factor  $M$  itself also shows a large temperature dependency since the breakdown voltage  $V_B$  of the APD has a large temperature dependency. For such problems, this system according to the prior art is difficult to optimally control the multiplication factor of the APD so that it will be always maximized even if the light receiving power and temperature vary. It is also required to regulate the optimal control by actually changing the light receiving power and temperature.

The present invention is to eliminate such problems and has an object to provide an optical receiver which can maintain the signal-noise ratio maximum regardless of the changes of light receiving power and temperature.

[Means to solve the Problems]

The present invention is characterized by that the optical receiver comprises a first filter for extracting a signal component from an electrical signal outputted from said avalanche photodiode, a second filter for extracting a noise component from the electrical signal outputted from said avalanche photodiode, an arithmetic means for computing a signal-noise ratio based on the signal component extracted by the first



filter and the noise component extracted by the second filter, and a control means for giving, to the bias terminal of said avalanche photodiode, a voltage by which the signal-noise ratio computed by said arithmetic means is substantially maximized.

#### [Operations]

The first and the second filters extract signal and noise components from the output signal of the avalanche photodiode, respectively. A signal-noise ratio is computed based on the both components. The bias voltage of the avalanche photodiode is then controlled so that the resulting value of signal-noise ratio will be maximized.

#### [Embodiments]

Some embodiment of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings. FIGS. 1 and 2 are block diagrams of first and second embodiments, respectively.

As shown in FIG. 1, the first embodiment comprises an avalanche photodiode (APD) 1, a filter 3 for extracting a signal component from an electrical signal outputted from the APD 1, another filter 4 for extracting a noise component from the electrical signal outputted from the APD 1, a divider 6 which is an arithmetic means for computing a signal-noise ratio from the signal and noise components extracted respectively by the filters 3 and 4, and a microprocessor 8 which is a control means for giving, to the bias terminal of the APD 1, a voltage by which the signal-noise ratio computed by the arithmetic means is substantially maximized.

First of all, the first embodiment will be described in operation with reference to FIG. 1. An optical signal inputted into the APD1 is converted into an electrical signal which is in turn amplified to a desired level by an amplifier 2 before outputted therefrom. The filter 3 extracts a signal component for the output of the amplifier 2 while the filter 4 extracts a noise component from the same output. The extracted

components are then detected by a detector 5 before inputted into the divider 6. The divider 6 computes a signal to noise ratio ( $N/S$ ) from the voltages of the inputted signal and noise. The output signal of the divider 6 is converted from the analog form into a digital form by an analog-to-digital converter 7 and then inputted into a microprocessor 8. A digital-to-analog converter 9 generates an analog voltage corresponding to the data from the microprocessor 8. The analog voltage is converted into a bias voltage to be applied to the APD 1 by a DC/DC transducer 10. The microprocessor 8 stores a computed value of signal-noise ratio before the bias voltage of the APD 1 is changed. At the same time, the microprocessor 8 changes the multiplication factor of the APD 1 by varying data to be outputted toward the digital-to-analog converter 9 to change the bias voltage. Since the signal-noise ratio varies relative to the multiplication factor as shown in FIG. 3, the data of signal-noise ratio before and after the bias voltage is changed are compared with each other so that the bias voltage can be controlled to maximize the signal-noise ratio.

It is now assumed that the operative point is A as shown in FIG. 3. A signal-noise ratio  $(S/N)_A$  at the operative point A is stored in the microprocessor 8. Subsequently, the bias voltage of the APD 1 is increased by a preprogrammed set value through the digital-to-analog converter 9. As the multiplication factor of the APD 1 increases only by  $\Delta M$ , the operative point moves to B. At this time, the signal-noise ratio becomes  $(S/N)_B$ . The signal-noise ratios  $(S/N)_A$  and  $(S/N)_B$  at the operative points A and B are then compared with each other. If  $(S/N)_A < (S/N)_B$ , the multiplication factor  $M$  of the APD 1 is further increased only by  $\Delta M$ . If  $(S/N)_A > (S/N)_B$ , the multiplication factor  $M$  of the APD 1 is decreased only by  $\Delta M$ . Such an operation is continuously carried out according to a processing program so that the final operative point becomes Z at which

the maximum signal-noise ratio  $(S/N)_Z$  is obtained.

FIG. 2 is a block diagram of the second embodiment of the present invention which is different from the first embodiment only in that the divider 6 is replaced by an analog multiplexer 11. A signal voltage outputted from the detector 5 is converted into a digital form by the analog multiplexer 11 in a time sharing manner, the digital data being then inputted into the microprocessor 8 which digitally performs the computation of signal-noise ratio.

[Advantage of the Invention]

As described above, the present invention is advantageous in that the signal-noise ratio can be maximized even if the light receiving power and temperature vary, since the bias voltage of the APD is controlled to be maximized by extracting the signal and noise components from the output signal of the APD through the respective filters and then using these extracted signals to compute the signal-noise ratio.

#### 4. Brief Description of the Drawings

FIG. 1 is a block diagram of a first embodiment of the present invention.

FIG. 2 is a block diagram of a second embodiment of the present invention.

FIG. 3 is a graph showing the relationship between the multiplication factor of a avalanche photodiode and a signal-noise ratio.

FIG. 4 is a graph showing the relationship between a light receiving power and the optimum multiplication factor thereto.

FIG. 5 is a block diagram of a prior art arrangement.

1 ... Avalanche Photodiode (APD); 2 ... Amplifier; 3 and 4 ... filters; 5 ... Detector; 6 ... Divider; 7 ... Analog-To-Digital Converters; 8 ...

Microprocessors; 9 ... Digital-To-Analog Converters; 10 ... DC / DC Transducer; 11 ... Analog Multiplexer; 12 ... Reference Voltage; and 13 ... Differential Amplifiers.